

14588  
13/01/2011

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

COMUNICACION VIA SATELITE

PRINCIPIOS Y DISEÑO PARA OPTIMIZACION DE LA POSICION  
DEL SATELITE EN LA ORBITA GEOESTACIONARIA

PARA EXAMEN PROFESIONAL TIPO "B"



PRESENTADO POR:

5104  
38  
1

LATA MARROQUIN  
672175

T  
TK5104  
P538  
C.1

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA**

**COMUNICACION VIA SATELITE**

**PRINCIPIOS Y DISEÑO PARA OPTIMIZACION DE LA POSICION  
DEL SATELITE EN LA ORBITA GEOESTACIONARIA**

**PARA EXAMEN PROFESIONAL TIPO "B"**

**PRESENTADO POR:**

**NOE PLATA MARROQUIN  
MAT. 672175**

T  
TK5104  
P538



# **PRINCIPIOS Y DISEÑO PARA OPTIMIZACION DE LA POSICION DEL SATELITE EN LA ORBITA GEOESTACIONARIA**

Septiembre 1996

DTMG

## INTRODUCCION

Nadie sabe a ciencia cierta cuando comenzó la comunicación entre los hombres, pero en los últimos años, la tecnología ha contribuido grandemente al desarrollo de las comunicaciones entre los hombres. Hasta el siglo XIX lo que imperaba era el correo, ya fuese a pie, a caballo o barco, que era la única forma de comunicación a larga distancia.

En 1837 Samuel Morse inventó el telégrafo, en 1876 Alejandro Graham Bell inventó el teléfono, y Guillermo Marconi en 1895, la radio. Las primeras señales transatlánticas de radiotelegrafía se logran en 1901. De ahí se fundaron las primeras compañías de comunicaciones haciendo enlaces entre los continentes; se inventa la televisión y se agiliza el envío de información en forma masiva.

La forma en que evolucionan las transmisiones a través de señales radiadas a través del espacio va de acuerdo con la necesidad de ampliar el espectro de frecuencia para cumplir con las necesidades de demanda. En un principio se utilizaba la VLF y posteriormente la LF, que en ese entonces no tenía esa definición, al igual que la siguiente banda en ser utilizada, la HF (high frequency), que se utilizó durante la Segunda Guerra Mundial, llevando el nombre de Onda Corta.

La gran mayoría de los adelantos tecnológicos son posibles gracias al desarrollo militar, ya que de esa forma se emplean recursos para el desarrollo de nuevas técnicas que posteriormente pasan al uso civil.

Posteriormente a la Onda Corta, siguió la VHF, que se reconoce por su uso en televisión, radifusión de FM comercial, navegación aérea y otros. Para satisfacer la creciente demanda se utilizó la siguiente gama de frecuencias, denominada UHF, con usos similares a la VHF y por último se utilizaron la SHF y EHF. Además de la EHF existe otra gama de frecuencias designada, pero sólo se utiliza en proyectos experimentales.

La asignación de gamas de frecuencias según CCIR es la siguiente:

Hz	
3-30 K	VLF
30 -300 K	LF
300 - 3000 K	MF
3000- 30000 K	HF
30 - 300 M	VHF
300 - 3000 M	UHF
3 - 30 G	SHF
30 - 300 G	EHF
300 - 3000 G	

## HISTORIA DE LAS TELECOMUNICACIONES

- 1837 - Samuel Morse inventa un sistema de transmisión codificada para las letras del alfabeto, lo que luego repercute en la invención del telégrafo.
- 1857 - Un cable (alambre sencillo aislado) fué colocado a través del Atlántico y permitió la transmisión internacional de telegrafía.
- 1870 - Un enlace telegráfico alámbrico (aéreo y submarino) fué instalado entre Londres y Calcutta.
- 1876 - Alejandro Graham Bell solicita una patente para su método eléctrico de transmisión de sonido (teléfono).
- 1886 - Otro cable como el de 1857 es colocado, ya que el primero falló un mes después de su colocación por un defecto en el aislamiento.
- 1901 - Guillermo Marconi transmite un telegrama mediante ondas de radio a través del Atlántico.
- 1907 - Lee de Forest inventa la válvula triodo.
- 1927 - Se realiza el primer enlace telefónico trasatlántico mediante onda corta.
- 1938 - Alec Reeves inventa la modulación PCM, que permite la representación digital de información analógica, pero la tecnología de esa época no permite su aplicación práctica.
- 1948 - Se inventa el transistor.
- 1956 - El primer cable telefónico transatlántico es puesto en servicio con 51 repetidores submarinos.
- 1962 - El satélite activo "Telstar I" de órbita baja permite la primera transmisión de televisión transatlántica.
- 1965 - El satélite "Intelsat I ( "Early Bird" )" es el primer satélite geostacionario.
- 1969 - Se realiza la transmisión directa de los primeros pasos del hombre en la luna.
- 1980 - Una "sonda" espacial transmite fotografías de Júpiter y Saturno.

## COMUNICACION VIA SATELITE

La mayoría de los avances tecnológicos se los debemos de alguna manera a los escritores de ciencia ficción, que con sus ideas y afán por crear una era más desarrollada, sin salirse del todo del contexto científico, crean aparatos o situaciones las cuales en algún momento de la historia se han convertido en realidad, o están por desarrollarse. Entre estos escritores - científicos más famosos se encuentran: Isaac Asimov, Robert A Heilein, Larry Niven, George Alec Effinger, Artur C. Clarke, etc; al último de éstos se debe la idea de los satélites geoestacionarios.

La luna fué uno de los primeros satélites en ser utilizados, rebotando la señal en ésta para que llegara a otro punto distante, también se utilizaron globos metálicos que se colocaban en órbita para servir como reflectores de las ondas electromagnéticas.

Antes de la utilización de los satélites se utilizaba la banda cortapara las comunicaciones, la cual tiene como característica el de ser reflejada en la ionósfera; pero su limitación es su ancho de banda, el cual es angosto ya que es de aproximadamente 100 canales, además de su baja confiabilidad.

Las microondas, por el contrario, cuentan con un ancho de banda amplio, y cruzan libremente la ionósfera; las microondas viajan en línea recta, por lo cual es necesaria la línea de vista entre el transmisor y el receptor.

Una regla que se cumple en las microondas y que nos es de gran utilidad es:

A mayor frecuencia portadora se dispone de mayor ancho de banda.

lo cual significa mayor capacidad, mayor número de canales, aproximadamente 1000 canales.

## HISTORIA DE LOS SATELITES DE COMUNICACIONES

- 1954 - El primer mensaje de voz mediante el trayecto tierra-luna fué transmitido por la Marina de los Estados Unidos.
- 1956 - Un servicio relevador lunar de la Marina de los Estados Unidos fué establecido entre Washintong D.C. y Hawai.  
Con la accion conjunta de los laboratorios Bell, la NASA y la JET Propulsion, se realiza el proyecto " ECHO "
- 1957 - Se lanza el Sputnik I
- 1958 - Se lanza el SCORE de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos.
- 1960 - Se logró la transmisión de telefonía por F.M. en la radiofrecuencia de 960 a 2290 MHz.
- 1962 - El proyecto " TELSTAR " es lanzado desde Cabo Cañaveral.
- 1963 - Se lanza el "TELSTAR II "
- 1965 - La URSS lanza su satélite " MOLNIYA " de órbita elíptica.  
Se lano el primer satelite comercial geoestacionario desarrollado por Comsat para Intelsat "INTELSAT I".

## SATELITES

Un satélite no es más que una repetidora puesta en el espacio, que maneja el rango de las microondas; el satélite no crea transmisiones por sí mismo, solo retransmite lo que recibe de la tierra. La banda en la que el satélite recibe la información de la tierra se llama up-link, la banda por la que transmite la información a la tierra se llama down-link; el proceso tarda aproximadamente 0.26 seg.

Cuando se consideran los enlaces de microondas en redes por tierra se superan los problemas del ancho de banda y de incertidumbre por ionósfera, constituyendo un medio de alta confiabilidad y capaz de manejar gran capacidad de información.

No resulta factible el uso de este tipo de redes cuando se quiere comunicar o hacer enlaces intercontinentales, por la imposibilidad de instalar repetidoras con las características que se requieren en medio de los océanos.

La comunicación vía satélite surgió como una necesidad de comunicar lugares muy distantes, como de un continente a otro, o de difícil acceso; hoy en día se utiliza indistintamente en todas las regiones, dentro de un mismo continente o país.

Las ventajas de la comunicación vía satélite son las siguientes:

Simplifica el sistema, ya que con su altura se tiene línea de vista entre el satélite y cualquier estación terrena que esté en su área de cobertura, que puede llegar a ser del 40% de la superficie de la tierra, lo cual simplifica el sistema altamente.

Da mayor calidad, debido a que sólo se utiliza una repetidora, en lugar de muchas que utiliza una red terrena, las cuales introducen ruido debido a los procesos electrónicos.

Mayor confiabilidad, que es consecuencia de usar una sola repetidora, pues se reduce la posibilidad de fallas a una sola, que es el satélite en vez de la cantidad de repetidoras utilizadas. Todo lo anterior agregado a las altas normas de calidad que requiere la construcción de un satélite.

Alta capacidad, que es una ventaja propia de las microondas por tener un ancho de banda amplio y por lo tanto mayor capacidad de manejo de información. Los satélites actuales pueden manejar 24 canales de TV, cada canal de TV equivale a 960 canales telefónicos.

Ventajas sociales, que radica en la comunicación a lugares casi inaccesibles o imposibles por otro medio.

Los satelites se pueden dividir de acuerdo a su principio de operación en dos grandes grupos:

*\*Pasivos (ya no hay).*

*\*Activos.*

Los satélites pasivos actúan como una superficie reflectora, tienen capacidad infinita para comunicaciones de acceso múltiple, aunque son gravemente obstaculizados por el uso por el uso ineficiente de la potencia transmitida. La ventaja de los satélites pasivos es que no requieren equipo electrónico sofisticado a bordo. Se usaba para rastreo, un radio-faro, pero no necesitaban electrónica complicada. Como ejemplos de satelites pasivos tenemos : la luna y globos metalizados, como el proyecto "ECHO".

Los satélites activos son los que conocemos hoy en día, involucran un proceso electrónico en él, como la grabación, reproducción, amplificación, cambio de frecuencia, etc.

Se dividen de acuerdo a su aplicación:

*\*Civiles.*

*\*Militares.*

Los satélites civiles se encuentran los de comunicaciones, los meteorológicos, los de investigación, etc.

Los militares, como su nombre lo dice, son de uso exclusivo para la milicia, no se tiene acceso de forma civil.

De acuerdo a su órbita se dividen en :

*\*Geoestacionarios.*

*\*No geoestacionarios.*

Los satelites geoestacionarios son aquellos que están fijos con respecto a la tierra, vistos desde la tierra aparecen como un punto fijo en el cielo ( aunque no se perciben a simple vista ). Las ventajas que implica el ser geoestacionario son:

1. Por permanecer fijo, no se necesita rastrear para orientar la antena, lo que es altamente considerado en el costo para las estaciones terrenas ya que sólo se orienta una vez la antena para permanecer fija.
2. Se dispone del satélite todo el tiempo, lo que permite la continuidad del sistema las 24 horas del día.

Para cumplir con la órbita geoestacionaria se deben tener en cuenta las siguientes condiciones:

*\*Tener una órbita ecuatorial.*

*\*Tener una órbita circular.*

*\*Tener una altura sobre el nivel del mar de 35870Km.*

*\*Tener un desplazamiento en el mismo sentido de giro de la tierra.*

*\*Al cumplirse las cuatro anteriores, debe tener una velocidad angular igual al de la tierra.*

Por su cobertura se pueden dividir en:

*\*Global.*

*\*Doméstico.*

*\*Regional.*

Los globales cubren un 40% de la tierra, utilizan antenas de corneta para la transmisión. Un ejemplo de éstos son los INTELSAT.

Los domésticos son los que cubren un área específica que puede ser grande o pequeña, según sean los requerimientos.

Los satélites regionales tienen una cobertura intermedia entre la global y la doméstica, su objetivo es cubrir varias zonas específicas, como por ejemplo, varios países o alguna región de ellos sin cubrir toda el área que cubre un global. Ejemplos de éstos son: Solidaridad I y II. Estos utilizan una combinación de antenas para su efecto.

Con referencia a la cobertura, como se había mencionado antes, sobre los INTELSAT, éstos se encuentran en posiciones clave para cubrir la gran mayoría de la superficie de la tierra con un menor número de satélites; las posiciones clave son: sobre el Océano Atlántico, el Pacífico y el Índico.

## PRIMEROS SATELITES DE COMUNICACIONES

<i>NOMBRE</i>	<i>LANZAMIENTO</i>	<i>ALTITUD (Km)</i>	<i>SERVICIOS</i>
<i>SCORE</i>	<i>18 12 58</i>	<i>182-1048</i>	<i>voz, telegrafía, repetición, transmisión de mensajes grabados.</i>
<i>COURIER I-A</i>	<i>18 08 60</i>	<i>explotó en el lanzamiento.</i>	
<i>COURIER I-B</i>	<i>4 10 60</i>	<i>943-1234</i>	<i>voz, telégrafo y teléfono.</i>
<i>TELSTAR I</i>	<i>10 07 62</i>	<i>954-5638</i>	<i>voz, telégrafo y teléfono, datos, televisión, comunicación entre E.U. y Europa Occidental y Sudamérica; E.U. y Japón.</i>
<i>RELAY I</i>	<i>3 12 62</i>	<i>1318-7422</i>	
<i>SYNCOM I</i>	<i>13 02 63</i>	<i>34227-36973</i>	
<i>TELSTAR II</i>	<i>7 05 63</i>	<i>972-10803</i>	<i>similar a Telstar I.</i>
<i>SYNCOM II</i>	<i>26 07 63</i>	<i>35792-35804</i>	<i>voz, telégrafo y teléfono, datos, televisión, comunicación entre E.U. , Europa Occidental y Africa.</i>
<i>RELAY II</i>	<i>21 01 64</i>	<i>2132-7403</i>	<i>similar a Relay I.</i>
<i>SYNCOM III</i>	<i>19 08 64</i>	<i>35781-35798</i>	<i>voz, televisión.</i>
<i>EARLY BIRD</i>	<i>6 04 65</i>	<i>35787-35796</i>	<i>similar a Syncom III.</i>
<i>MOLNIYA</i>	<i>23 04 65</i>	<i>479-39380</i>	<i>televisión, voz, telegrafía.</i>

## BANDAS

Las " bandas " son los rangos de frecuencias designadas para el funcionamiento de los aparatos de comunicación, cada rango de frecuencia tiene un nombre designado, como se menciona con anterioridad, como la " Onda corta " (HF), la VHF, etc.

Para la comunicación vía satélite se utilizan de igual manera rangos de frecuencias, comprendidos en las microondas, por las ventajas ya descritas anteriormente. Las bandas para la comunicación vía satélite son:

*\*BANDA " C "*

*\*BANDA " Ku "*

*\*BANDA " Ka "*

*\*BANDA " L "*

Cada una de estas bandas está subdividida en dos bandas, una para mandar la información al satélite desde tierra, denominada " up-link "; y otra para mandar la información del satélite a la estación terrena receptora, llamada " down-link ".

### Banda " C "

5925 - 6425 MHz.	up-link.
3700 - 4200 MHz.	down-link.

### Banda " Ku "

14 - 14.5 GHz	up-link.
11.7 - 12.2 GHz	down-link.

### Banda " Ka "

27500 - 31000 MHz	up-link.
17700 - 21 200 MHz	down-link

## Banda " L "

1629.5 - 1660.5 MHz	up-link
1528 - 1559 MHz.	down-link

Ambas bandas, la " C " y la " Ku ", son las más conocidas y usadas por los satélites comerciales; la banda " Ka " no es usada con regularidad, es usada con fines experimentales y de investigación. La banda " L " permite la conexión con vehículos móviles para el transporte terrestre, aéreo o marítimo de México.

El cambio de frecuencia de up-link a down-link radica en el hecho de que la señal que sale del satélite corre el riesgo de ciclarse en el sistema, es decir, que vuelva por el camino que toma la señal que viene de tierra, pues por lo general se utiliza la misma antena para recibir y transmitir en un satélite.

En cuanto a cual debe ser la menor frecuencia, se toma la regla: " a mayor frecuencia mayores son las pérdidas ", y como el satélite cuenta con una cantidad limitada de energía, debido a que sólo tiene los paneles y baterías que funcionan con la energía que recolecta del sol, se designa el rango de menor frecuencia para que el satélite mande su señal a tierra; el rango de mayor frecuencia se designa para que la estación terrena mande la señal al satélite, pues tiene todo el apoyo posible de energía para compensar las posibles pérdidas.

Con la ecuación siguiente se puede observar que la potencia recibida desde un satélite, es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia ó inversamente proporcional a las pérdidas en el espacio libre.

$$P_r = P_t G_t G_r \left( \frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2$$

donde:

- P<sub>t</sub> = Potencia de transmisión.
- G<sub>t</sub> Ganancia de antena de transmisión.
- G<sub>r</sub> Ganancia de antena de recepción.
- λ Longitud de onda.
- d - distancia entre satélite y estación terrena.

El factor de pérdidas de propagación en espacio libre queda determinado por:

$$\left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2$$

Para compensar las pérdidas, los sistemas de microondas utilizan dispositivos activos, como amplificadores a diodo túnel, GaAsFET's, y tubos de ondas progresivas de alto y bajo nivel.

Cuando un satélite tiende a salirse de su punto en la órbita asignada, una serie de cohetes miniatura de empuje, que son construídos en la superficie del satélite, son encendidos mediante controles de mando, que desvían suavemente al satélite a su posición correcta en la órbita. El combustible que comunmente utilizan los satélites es la hidracina; cuando este combustible se agota, la vida del satélite termina y debe ser puesto fuera de servicio; el tiempo de duración del combustible va de 9 años para los satélites cilíndricos a 14 años para los satélites cúbicos.

## SATELITES GEOESTACIONARIOS QUE OPERAN EN BANDA " C "

<u>NOMBRE</u>	<u>POSICION</u>	<u>PROPIETARIO</u>
<i>F-SAT 1</i>	<i>7° E</i>	<i>Francia</i>
<i>STATIONAR-18</i>	<i>8° E</i>	<i>URSS</i>
<i>NAT-STAR 3</i>	<i>14° E</i>	<i>Nigeria</i>
<i>AMS-1</i>	<i>15° E</i>	<i>Israel</i>
<i>NAT-STAR 2</i>	<i>16° E</i>	<i>Nigeria</i>
<i>ARABSAT-1A</i>	<i>19° E</i>	<i>L.Paises Arabes</i>
<i>NAT-SAT 1</i>	<i>20° E</i>	<i>Nigeria</i>
<i>ARASAT-1B</i>	<i>26° E</i>	<i>L.Paises Arabes</i>
<i>RADUGA-17</i>	<i>35° E</i>	<i>URSS</i>
<i>RADUGA-19</i>	<i>45° E</i>	<i>URSS</i>
<i>MORE 53</i>	<i>53° E</i>	<i>URSS</i>
<i>INTELSAT IV</i>	<i>57° E</i>	<i>Intelsat</i>
<i>INTELSAT VA-F2</i>	<i>60° E</i>	<i>Intelsat</i>
<i>INTELSAT V-F5</i>	<i>63° E</i>	<i>Intelsat</i>
<i>INMARSAT-2 F3</i>	<i>64.5° E</i>	<i>Inmarsat</i>
<i>INTELSAT V-F3</i>	<i>66° E</i>	<i>Intelsat</i>
<i>STW-2</i>	<i>70° E</i>	<i>China</i>
<i>MARISAT-F2</i>	<i>72.5° E</i>	<i>Inmarsat</i>
<i>INSAT-1B</i>	<i>74° E</i>	<i>India</i>
<i>GORIZONT-9</i>	<i>75.7° E</i>	<i>URSS</i>

<b>NOMBRE</b>	<b>POSICION</b>	<b>PROPIETARIO</b>
<i>STATIONAR-13</i>	<i>80° E</i>	<i>URSS</i>
<i>INSAT-11A</i>	<i>83° E</i>	<i>India</i>
<i>RADUGA 20</i>	<i>85° E</i>	<i>URSS</i>
<i>CHINASAT-1</i>	<i>87.5° E</i>	<i>China</i>
<i>MORE-90</i>	<i>90° E</i>	<i>URSS</i>
<i>INSAT-1C</i>	<i>93.5° E</i>	<i>India</i>
<i>STATIONAR-14</i>	<i>95° E</i>	<i>URSS</i>
<i>CHINASAT-3</i>	<i>98° E</i>	<i>China</i>
<i>EKRAN 17</i>	<i>99° E</i>	<i>URSS</i>
<i>PALAPA B1</i>	<i>108° E</i>	<i>Indonesia</i>
<i>CHINASAT-2</i>	<i>110.5° E</i>	<i>China</i>
<i>PALAPA B2P</i>	<i>113° E</i>	<i>Indonesia</i>
<i>PALAPA B3</i>	<i>118° E</i>	<i>Indonesia</i>
<i>STW-1</i>	<i>125° E</i>	<i>China</i>
<i>STATIONAR-15</i>	<i>128° E</i>	<i>URSS</i>
<i>CS-2A</i>	<i>132° E</i>	<i>Japón</i>
<i>CS-2B</i>	<i>136° E</i>	<i>Japón</i>
<i>MORE 140</i>	<i>140° E</i>	<i>URSS</i>
<i>STATIONAR-16</i>	<i>145° E</i>	<i>URSS</i>
<i>PACSTAR-1</i>	<i>167.5° E</i>	<i>Nueva Guinea</i>
<i>INTELSAT V-F1</i>	<i>174° E</i>	<i>Intelsat</i>

<u>NOMBRE</u>	<u>POSICION</u>	<u>PROPIETARIO</u>
MARISAT-F3	176.5° E	Inmarsat
INTELSAT IVA-F3	177° E	Intelsat
MARECS A	178° E	Inmarsat
INTELSAT V-F8	180° E	Intelsat
INTELSAT V-F2	1° W	Intelsat
TELECOM IC	3° W	Francia
TELECOM IB	5° W	Francia
TELECOM IIA	8° W	Francia
STATIONAR-11	11° W	URSS
POTOK-1	13.5 W	URSS
GORIZONT-12	14° W	URSS
MARISAT F1	15° W	Inmarsat
INTELSAT V-F6	18° W	Intelsat
INTELSAT IVA-F4	21.5° W	Intelsat
AVSAT 1	22° W	EE.UU
INTELSAT VA-F10	24.5° W	Intelsat
RADUGA-18	25° W	URSS
INMARSAT-2 F2	26° W	Inmarsat
STATIONAR-17	26.5° W	URSS
INTELSAT VA-F11	27.5° W	Intelsat
INTELSAT V-F4	34.5° W	Intelsat

<u>NOMBRE</u>	<u>POSICION</u>	<u>PROPIETARIO</u>
<i>TDRS A</i>	<i>41° W</i>	<i>NASA</i>
<i>PAS 1</i>	<i>45° W</i>	<i>PamAmSat</i>
<i>FINANSAT 2</i>	<i>48° W</i>	<i>Financial Sat</i>
<i>INTELSAT V-F3</i>	<i>53° W</i>	<i>Intelsat</i>
<i>PAS</i>	<i>57° W</i>	<i>PamAmSat</i>
<i>AVSAT 2</i>	<i>58° W</i>	<i>Aeron Radio</i>
<i>SATCOM 6</i>	<i>62° W</i>	<i>GE Americom</i>
<i>ASC-3</i>	<i>64° W</i>	<i>American Sat</i>
<i>BRASILSAT-1</i>	<i>65° W</i>	<i>Brasil</i>
<i>SPACENET-II</i>	<i>69° W</i>	<i>GTE-Spacenet</i>
<i>BRASILSAT-2</i>	<i>70° W</i>	<i>Brasil</i>
<i>SATCOM 2R</i>	<i>72° W</i>	<i>RCA,Americom</i>
<i>GALAXY 2</i>	<i>74° W</i>	<i>Hughes Com</i>
<i>SATCOL 1</i>	<i>75° W</i>	<i>Colombia</i>
<i>COMSTAR D4</i>	<i>76° W</i>	<i>Comsat</i>
<i>TDRS C</i>	<i>79° W</i>	<i>NASA</i>
<i>NAHUEL A</i>	<i>80° W</i>	<i>Argentina</i>
<i>SATCOM 4</i>	<i>83° W</i>	<i>RCA,Americom</i>
<i>NAHUEL B</i>	<i>85° W</i>	<i>Argentina</i>
<i>SPACENET III</i>	<i>87° W</i>	<i>Spacenet</i>
<i>CONDOR</i>	<i>89° W</i>	<i>Pacto Andino</i>

<u>NOMBRE</u>	<u>POSICION</u>	<u>PROPIETARIO</u>
WESTAR VI S	91° W	Western Union
GALAXY 3	93.5° W	Hughes Com
TELSTAR 301	96° W	AT&T
STSC 2	97° W	Cuba
WESTAR IV	99° W	Western Union
ANIK D1	104.5° W	Canadá
ANIK D2	111.5° W	Canadá
MORELOS 1	113.5° W	México
AVSAT 3	114° W	Aeron Radio
MORELOS 2	116.5° W	México
SPACENET 1	120° W	GTE, Spacenet
GALAXY 4	122° W	Hughes Com
WESTAR V	122.5° W	Western Union
TELSTAR 303	125° W	AT&T
ASC-1	128° W	American Sat
SATCOM 3	131° W	RCA, Americom
GALAXY 1	134° W	Hughes Com
SATCOM 1R	139° W	RCA, Americom
AURORA 1	143° W	Alascom
WESTAR VII	144° W	Western Union
ONTOK-3	168° W	URSS

<u>NOMBRE</u>	<u>POSICION</u>	<u>PROPIETARIO</u>
<i>DRS B</i>	<i>171° W</i>	<i>NASA</i>
<i>PACSTAR-2</i>	<i>175° W</i>	<i>Nueva Guinea</i>
<i>FINANSAT 1</i>	<i>178° W</i>	<i>Financial Sat</i>

## SATELITES GEOESTACIONARIOS QUE OPERAN EN BANDA " Ku "

<u>NOMBRE</u>	<u>POSICION</u>	<u>PROPIETARIO</u>
<i>EUTELSAT 11-2</i>	<i>3° E</i>	<i>Eutelsat</i>
<i>TELE-X</i>	<i>5° E</i>	<i>N. Nórdicas</i>
<i>EUTELSAT 1-4</i>	<i>7° E</i>	<i>Eutelsat</i>
<i>ELECOM IB</i>	<i>8.5° E</i>	<i>Francia</i>
<i>EUTELSAT 1-4</i>	<i>10° E</i>	<i>Eutelsat</i>
<i>EUTELSAT 1-1</i>	<i>13° E</i>	<i>Eutelsat</i>
<i>ZENON-B</i>	<i>15° E</i>	<i>Francia</i>
<i>SICRAL 1A</i>	<i>16° E</i>	<i>Italia</i>
<i>SABA</i>	<i>17° E</i>	<i>Arabia Saudita</i>
<i>ZENON-C</i>	<i>19° E</i>	<i>Francia</i>
<i>DFS-1</i>	<i>23.5° E</i>	<i>Alemania Occ.</i>
<i>DFS-2</i>	<i>28.5° E</i>	<i>Alemania Occ.</i>
<i>VIDEOSAT</i>	<i>32° E</i>	<i>Francia</i>
<i>EUTELSAT 11-1</i>	<i>36° E</i>	<i>Eutelsat</i>
<i>PAKSAT 1</i>	<i>38° E</i>	<i>Pakistán</i>
<i>PAKSAT 2</i>	<i>41° E</i>	<i>Pakistán</i>
<i>LOUTCH 2</i>	<i>53° E</i>	<i>URSS</i>
<i>INTELSAT VI</i>	<i>57° E</i>	<i>Intelsat</i>
<i>INTELSAT VI-1</i>	<i>60° E</i>	<i>Intelsat</i>
<i>INTELSAT V-F5</i>	<i>63° E</i>	<i>Intelsat</i>

<u>NOMBRE</u>	<u>POSICION</u>	<u>PROPIETARIO</u>
<i>CBSS-1</i>	<i>65° E</i>	<i>China</i>
<i>INTELSAT V-F7</i>	<i>66° E</i>	<i>Intelsat</i>
<i>CELESTAR-2</i>	<i>70° E</i>	<i>McCaw</i>
<i>GORIZONT-9</i>	<i>75.7° E</i>	<i>URSS</i>
<i>CBSS-2</i>	<i>80° E</i>	<i>China</i>
<i>LOUTCH 3</i>	<i>90° E</i>	<i>URSS</i>
<i>CBSS-3</i>	<i>92° E</i>	<i>China</i>
<i>BS-3</i>	<i>110° E</i>	<i>Japón</i>
<i>SCC 1</i>	<i>124° E</i>	<i>Japón</i>
<i>SCC 2</i>	<i>128° E</i>	<i>Japón</i>
<i>GORIZONT-14</i>	<i>140° E</i>	<i>URSS</i>
<i>JCS-1</i>	<i>150° E</i>	<i>Japón</i>
<i>JCS-2</i>	<i>154° E</i>	<i>Japón</i>
<i>AUSSAT-1</i>	<i>156° E</i>	<i>Australia</i>
<i>AUSSAT-2</i>	<i>160° E</i>	<i>Australia</i>
<i>AUSSAT-3</i>	<i>164° E</i>	<i>Australia</i>
<i>PACSTAR-1</i>	<i>167.5° E</i>	<i>Nueva Guinea</i>
<i>CELESTAR-1</i>	<i>170° E</i>	<i>McCaw</i>
<i>INTELSAT V-F1</i>	<i>174° E</i>	<i>Intelsat</i>
<i>INTELSAT V-F8</i>	<i>180° E</i>	<i>Intelsat</i>
<i>INTELSAT V-F2</i>	<i>1° W</i>	<i>Intelsat</i>

<u>NOMBRE</u>	<u>POSICION</u>	<u>PROPIETARIO</u>
<i>TELECOM 1C</i>	<i>3° W</i>	<i>Francia</i>
<i>TELECOM 1B</i>	<i>5° W</i>	<i>Francia</i>
<i>ZENON-A</i>	<i>8° W</i>	<i>Francia</i>
<i>F-SAT-2</i>	<i>11° W</i>	<i>Francia</i>
<i>LOUTCH 1</i>	<i>14° W</i>	<i>URSS</i>
<i>INTELSAT V-F6</i>	<i>18° W</i>	<i>Intelsat</i>
<i>TV-SAT 1</i>	<i>19° W</i>	<i>Alemania Occ.</i>
<i>INTELSAT VA-F10</i>	<i>24.5° W</i>	<i>Intelsat</i>
<i>INTELSAT VA-F11</i>	<i>27.5° W</i>	<i>Intelsat</i>
<i>EIRESAT-1(ATLANTIC SATELITE)</i>	<i>31° W</i>	<i>Irlanda</i>
<i>INTELSAT V-F4</i>	<i>34.5° W</i>	<i>Intelsat</i>
<i>ORION-1</i>	<i>37.5° W</i>	<i>Orion Sat</i>
<i>PAR 1</i>	<i>45° W</i>	<i>PanAmSat</i>
<i>INTELSAT V-F3</i>	<i>53° W</i>	<i>Intelsat</i>
<i>ISI-1</i>	<i>56° W</i>	<i>Int. Sat. Inc.</i>
<i>SBS-6</i>	<i>62° W</i>	<i>IBM</i>
<i>BRASIL-SAT B</i>	<i>64° W</i>	<i>Brasil</i>
<i>SPACENET II</i>	<i>69° W</i>	<i>GTE-Spacenet</i>
<i>CANADA BSS1</i>	<i>70.5° W</i>	<i>Canadá</i>
<i>GALAXY K1</i>	<i>71° W</i>	<i>Hughes Com.</i>
<i>URUGUAY-SAT</i>	<i>71.5° W</i>	<i>Uruguay</i>

<u>NOMBRE</u>	<u>POSICION</u>	<u>PROPIETARIO</u>
<i>WESTAR A</i>	<i>73° W</i>	<i>Western Union</i>
<i>SAT MOBILE 2</i>	<i>75° W</i>	<i>Sat Mobile</i>
<i>EXPRESSTAR B</i>	<i>77° W</i>	<i>F. Express</i>
<i>NAHUEL A</i>	<i>80° W</i>	<i>Argentina</i>
<i>SATCOM K2</i>	<i>81° W</i>	<i>GE Americom</i>
<i>SATCOM K1</i>	<i>85° W</i>	<i>GE Americom</i>
<i>PERU-SAT</i>	<i>86° W</i>	<i>Perú</i>
<i>SPACENET III</i>	<i>87° W</i>	<i>GTE-Spacenet</i>
<i>CUBA-SAT</i>	<i>89° W</i>	<i>Cuba</i>
<i>SBS-4</i>	<i>91° W</i>	<i>IBM</i>
<i>CARIBE-SAT</i>	<i>92.5° W</i>	<i>P. del Caribe</i>
<i>ECUADOR-SAT</i>	<i>95° W</i>	<i>Ecuador</i>
<i>BERMUDAS-SAT</i>	<i>96° W</i>	<i>Bermudas</i>
<i>SBS-2</i>	<i>97° W</i>	<i>Comsat G.</i>
<i>SBS-1</i>	<i>99° W</i>	<i>Comsat G.</i>
<i>GALAXY BSS1</i>	<i>101° W</i>	<i>Hughes Com.</i>
<i>GSTAR I</i>	<i>103° W</i>	<i>GTE Spacenet</i>
<i>VENEZUELA-SAT</i>	<i>104° W</i>	<i>Venezuela</i>
<i>GSTAR II</i>	<i>105° W</i>	<i>GTE-Spacenet</i>
<i>CHILE-SAT</i>	<i>106° W</i>	<i>Chile</i>
<i>M-SAT</i>	<i>106.5° W</i>	<i>Canadá</i>

<u>NOMBRE</u>	<u>POSICION</u>	<u>PROPIETARIO</u>
<i>ANIK E1</i>	<i>107.5° W</i>	<i>Canadá</i>
<i>ANIK C2</i>	<i>110° W</i>	<i>Canadá</i>
<i>ANIK E2</i>	<i>110.5° W</i>	<i>Canadá</i>
<i>MORELOS 1</i>	<i>113.5° W</i>	<i>México</i>
<i>ANDES-SAT</i>	<i>115° W</i>	<i>Ven/Col/Bol</i>
<i>MORELOS 2</i>	<i>116.5° W</i>	<i>México</i>
<i>ANIK C3</i>	<i>117.5° W</i>	<i>Canadá</i>
<i>SAT-MOBILE 1</i>	<i>120° W</i>	<i>Sat Mobile</i>
<i>SBS-5</i>	<i>122° W</i>	<i>IBM</i>
<i>EXPRESSTAR A</i>	<i>124° W</i>	<i>F. Express</i>
<i>MEX-SAT</i>	<i>127° W</i>	<i>México</i>
<i>ASC 1</i>	<i>128° W</i>	<i>American Sat</i>
<i>GALAXY K2</i>	<i>130° W</i>	<i>Hughes Com</i>
<i>WESTAR B</i>	<i>132° W</i>	<i>Western Union</i>
<i>HUGHES MSS 1</i>	<i>135° W</i>	<i>Hughes Com.</i>
<i>MEX-SAT</i>	<i>136° W</i>	<i>México</i>
<i>CANADA-BSS3</i>	<i>138° W</i>	<i>Canadá</i>
<i>USA-BSS 1</i>	<i>148° W</i>	<i>Western</i>
<i>USA-BSS 2</i>	<i>166° W</i>	<i>Western</i>
<i>PACSTAR-2</i>	<i>175° W</i>	<i>Nueva Guinea</i>

## OPTIMIZACION DE LA POSICION DEL SATELITE EN LA ORBITA GEOESTACIONARIA

En este apartado se mostrará la forma en que se deben tomar las condiciones para dar una posición al satélite dependiendo del funcionamiento de éste, osea, de los puntos a enlazar, como puede ser un mismo país, continente, dos países de dos continentes diferentes, etc.

Una de las condiciones que se deben de cumplir, independientemente del enlace que se quiere realizar, es el de colocar el satélite a una distancia mínima equivalente a 2.5 grados de cualquier satélite que utiliza la misma frecuencia; ésta es una norma actual.

Otra norma que se debe cumplir es la de mantener una elevación ( ángulo de elevación ) de la antena terrestre mayor a 5°, para salvar los obstáculos terrestres que normalmente se encuentran.

Por medio de ecuaciones resultantes del análisis de los triángulos que se forman entre el satélite, la estación terrena, y el centro de la tierra, se llega, mediante un proceso matemático ( el cual no se presenta aquí, por fines prácticos ) a las siguientes fórmulas:

$$\cos \mu = \cos lat \cos \Delta L$$

Donde:

lat =latitud de la estación terrena.

$\Delta L$  =diferencia de la longitud entre el satélite y la estación terrena.

$$El = \arctan \frac{\cos \mu - \frac{R}{R+h}}{|\sin \mu|}$$

Donde:

El ángulo de elevación.

R 6378Km.

h 35890Km.

Para satisfacer la condición de los 5° tenemos que:

$$\tan El \geq \tan 5 = 0.0875$$

$$\frac{\cos \mu - \frac{R}{R+h}}{|\sin \mu|} \geq 0.0875$$

Por lo tanto:

$$0 < \mu \leq 76.4055$$

Debemos obtener  $\Delta L_{\max}$  para conseguir  $\mu = 76.4055$  :

$$\cos \mu = \cos lat \cos \Delta L$$

$$\Delta L = \arccos \left( \frac{\cos \mu}{\cos lat} \right)$$

$$\Delta L_{\max} = \arccos \left( \frac{\cos 76.4055}{\cos lat} \right)$$

$$\Delta L_{\max} = \arccos \left( \frac{235}{\cos lat} \right)$$

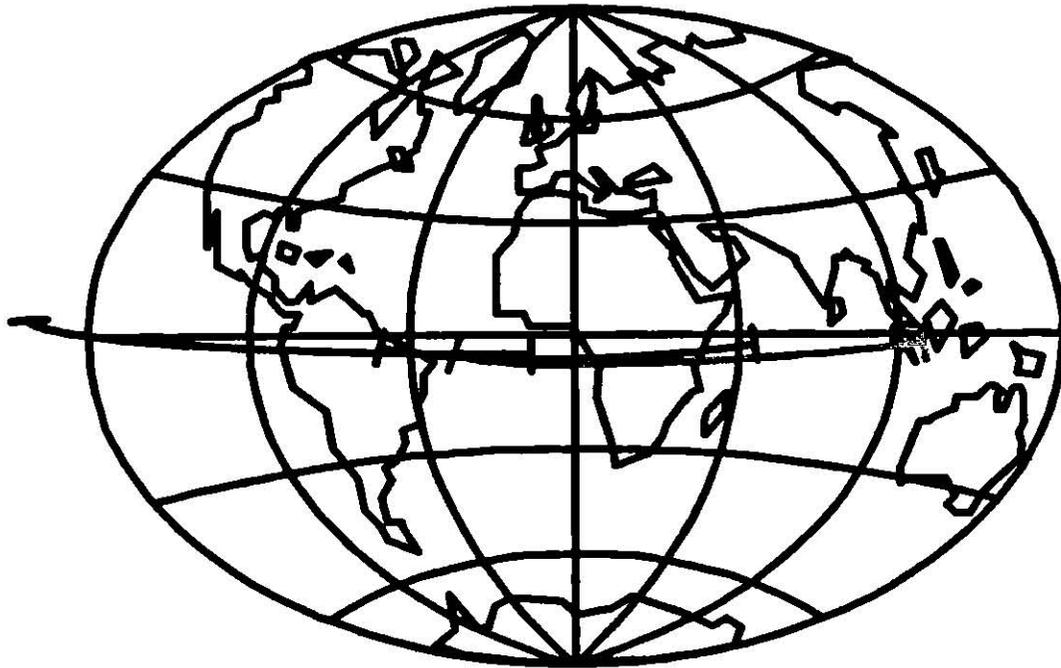
Supongamos ahora que se quiere un enlace por medio de un satélite geostacionario entre Sudáfrica, Estados Unidos e Inglaterra, donde obtenemos primero sus latitudes y longitudes:

PAIS	LATITUD	LONGITUD
SUDAFRICA	30° S	25° E
EE.UU.	30° N	95° W
INGLATERRA	52° N	4° W

Con la fórmula del  $\Delta L_{\max}$  anterior obtenemos:

SUDAFRICA	74°15'
EE.UU	74°15'
INGLATERRA	67°33'

Con estos valores procedemos a calcular el rango del arco sobre la línea del ecuador donde el satélite puede bañar la region deseada, tomando en cuenta la longitud del país:



En el dibujo se muestran los arcos que formarían parte del rango de ubicación para el satélite, según cada país, de donde se puede tomar el rango que satisfaga a todos los países en conflicto:

SUDAFRICA	49°15' W -- 99°15' E
EE.UU.	169°15' W -- 20°45' W
INGLATERRA	63°33' W -- 71°33' E

Lo que nos deja una región de traslape que satisface a los tres países de:

49°15' W -- 20°45' W

Donde, dentro de este rango se puede colocar al satélite y lograr la comunicación entre los tres países.

Considerese ahora un enlace entre México y Japón, al igual que en el ejemplo anterior, tomamos sus latitudes y longitudes:

PAIS	LATITUD	LONGITUD
MEXICO	20° N	100° W
JAPON	35° N	140° E

Se calcula su  $\Delta L_{\max}$ :

MEXICO	75°31'
JAPON	73°19'

Lo que nos dá un rango de:

MEXICO	175°31' W -- 24°29' E
JAPON	146°41' W -- 66°41' E

Por lo que la solución propuesta esta contenida en el arco de:

146°41' W -- 175°31' W

Donde en cualquier lugar de este arco se puede colocar el satélite para que cumpla con el enlace, tomando en cuenta la separación de 2.5° con cualquier otro satélite de la misma frecuencia que se encuentre en ese arco o en sus extremos; ésto también debe ser tomado en cuenta para la solución del ejemplo anterior.



1080087035

